



Audeves Pérez, Selene Aimée (2018).  
(<https://orcid.org/0000-0003-4361-0485>)

Álvarez-Romero, Sergio (2018).  
(<https://orcid.org/0000-0001-7157-7729>)

José A. González-Fajardo(2018).  
(<https://orcid.org/0000-0002-6842-7401>)

*Experiencia de la enseñanza de la tecnología BIM a nivel posgrado en ingeniería*  
p. 103-117

En:  
BIM en la universidad / coordinadores: Aurora Minna Poó Rubio y Jorge Rodríguez-Martínez.  
México: Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco, 2018.

Fuente: ISBN 978-607-28-1316-8

Relación: <http://hdl.handle.net/11191/5781>

Universidad  
Autónoma  
Metropolitana  
Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**



**Procesos**  
y Técnicas de Realización

<https://www.azc.uam.mx/>

<https://www.cyad.online/uam/>

<http://procesos.azc.uam.mx/>



<https://administracionytecnologiaaparaeldiseno.azc.uam.mx/>



<http://zaloamati.azc.uam.mx>



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como

**Atribución-NoComercial-SinDerivadas**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

D.R. © 2016. Universidad Autónoma Metropolitana. Se autoriza copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando se den los créditos de manera adecuada, no puede hacer uso del material con propósitos comerciales, si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. Para cualquier otro uso, se requiere autorización expresa de la Universidad Autónoma Metropolitana.



Facultad de Economía de la UADY.



**M.I. Selene Aimee Audeves Pérez**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
selene.audeves@correo.uady.mx

**Dr. Sergio Omar Álvarez Romero**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
aromero@correo.uady.mx

**M.I. José Antonio de Jesús González Fajardo**

Universidad Autónoma de Yucatán, México  
jagonz@uady.mx

08

---

EXPERIENCIA DE LA ENSEÑANZA DE LA  
TECNOLOGÍA BIM A NIVEL POSGRADO EN  
INGENIERÍA



## RESUMEN

BIM es una tecnología promisorio desde el punto de vista de que contribuye a mejorar el desempeño de los participantes y del proyecto en todas las etapas del ciclo de vida. Sin embargo, uno de los principales impedimentos para su adopción es la falta de un entrenamiento adecuado para desarrollar las habilidades necesarias para explotar la tecnología. En el presente trabajo se expone la experiencia de la enseñanza BIM en un curso de verano (teórico-práctico) de nivel Posgrado en ingeniería, cuyo objetivo fue aprender a crear y utilizar modelos BIM para la planeación, seguimiento y control de proyectos de construcción. La dinámica de la clase consistió en presentaciones teóricas, donde se incluyeron temas acerca de la fragmentación de los proyectos de construcción, usos y estándares BIM, definición del nivel de desarrollo (LOD) y estrategias de implementación de BIM entre otros; además, se utilizaron tutoriales (creados por los profesores), para la generación y uso de los modelos BIM, donde los alumnos aplicaron dichas herramientas en un proyecto final de aproximadamente 3,500 metros cuadrados de construcción.

Como conclusión los estudiantes argumentaron que a pesar del corto tiempo con el que se contaba para aprender la metodología BIM, se logró el aprendizaje de la utilización de los principales softwares para la implementación de BIM, además se logró entender los beneficios de estas nuevas tecnologías para la industria de la construcción.

Palabras clave: BIM, Modelos, usos BIM, construcción.

## ABSTRACT

BIM is a promising technology from the point of view of improving the performance of the project stakeholders teams and the project itself at all stages of the project's lifecycle. However, one of the major inhibitors for implementing BIM is the lack of adequate training and skills to take advantage of the technology. This paper describes the experience of teaching the BIM technology in a summer course (theory and practice) at the graduate program of construction engineering, whose goal was to learn how to create and use BIM models for planning, monitoring and control of construction projects. The dynamics of the class consisted of theoretical presentations on topics such as the fragmentation of construction projects, BIM applications and standards, defining the level of development (LOD) and BIM implementation strategies among others; in addition, tutorials for off-class self-learning were created to support the theory exposed in class, then the new skills developed by the students were applied to a capstone project, where students modeled a building approximately 3,500 square meters, including the cost estimation and schedule simulation.

At the end of the course the student's opinion on the course was that despite the short time in which they had to learn the BIM theory and the software for modeling, a successful implementation of BIM was achieved, and they were able to clearly understand through experience the benefits of the BIM technology for the construction industry.

Keywords: BIM, Model, BIM uses, construction.

## INTRODUCCIÓN

BIM es modelar la forma, función y comportamiento de los sistemas del edificio y sus componentes, es una tecnología promisorio desde el punto de vista de que contribuye a mejorar el desempeño de los participantes y del proyecto en todas las etapas del ciclo de vida. Sin embargo, uno de los principales impedimentos para su adopción es la falta de un entrenamiento adecuado para desarrollar las habilidades necesarias para explotar la tecnología (Pikas

et al 2013). BIM representa el acceso a una representación tridimensional del proyecto de construcción, no solo de la geometría, sino de la funcionalidad y comportamiento del proyecto. En muchos casos es la forma más factible, económica, expedita y controlada de poder acercar al estudiante a un contexto realista. Las visitas de obra son excelentes ilustraciones del contexto en el que el estudiante ejercerá su profesión en un futuro, pero limitada en cuanto a la interacción del estudiante con el proyecto. Un modelo BIM complementa y permite una inmersión, manipulación y experimentación del proyecto por el estudiante. Esta ventaja debe aprovecharse en los cursos donde sea pertinente.

Desde el punto de vista del ingeniero civil a menos que BIM se introduzca desde la licenciatura de una manera fundamental, estos profesionistas carecerán de las competencias necesarias para servir a una industria de la construcción, en la que el medio más eficiente de comunicación del diseño es un modelo 3D, que en un futuro cercano será el medio de comunicación estándar ocupando el lugar que ahora tiene el CAD y minimizando el uso de planos impresos.

BIM es un cambio de paradigma para la industria de la construcción dado que habilita la comunicación completa y precisa de información. (Sacks y Barak, 2010). BIM no es un tema de especialización, es más bien una habilidad esencial y básica de comunicación (Kim 2012) requerida en los directamente involucrados en un proyecto de construcción y desde este punto de vista, BIM es más una habilidad que una herramienta, lo que quita el énfasis en el aprendizaje de un determinado software.

Si vemos a BIM como una habilidad esencial, implica que debe de enseñarse desde el inicio de la formación académica como un componente fundamental de la habilidad del estudiante para comunicar información de diseño. Debe de ser usado de manera integral siempre que sea apropiado en todos los cursos de diseño y construcción y seguir esta tendencia en el posgrado.

No debe de existir un curso de BIM "como tal" sino de comunicación de la ingeniería, es decir cambiar el

paradigma de enseñar únicamente “representación gráfica” o “dibujo” a incluir también “comunicación de la ingeniería”. Un curso de comunicación de la ingeniería debe de incluir el desarrollo de habilidades básicas tales como el abstraer mentalmente la imagen de elementos de la construcción a partir de una serie de planos o dibujos, representar isométricos de artefactos, entender información textual y verbal de ingeniería; además debe incluir habilidades nuevas, tales como el modelar soluciones de ingeniería, aplicar correctas relaciones semánticas entre objetos (conexiones, agregaciones, etc.), manipular modelos para crear vistas que comuniquen, producir planos a partir de un modelo y cuantificar elementos de construcción. La enseñanza de la construcción debe enfocarse en la integración multidisciplinaria y temas basados en la práctica, más que en la ciencia de la ingeniería y cursos técnicos.

Esta debe de incluir la preparación del estudiante para desempeñarse en un ambiente de colaboración, no solo como colaborador, sino también como líder; nuevos esquemas de contratación como el Diseño-Construcción y la Entrega Integrada del Proyecto (IPD por sus siglas en inglés) están cambiando el liderazgo del diseño del arquitecto al constructor. Es fundamental que la enseñanza de la ingeniería replique y ejercite no solo la solución de problemas reales, sino también las situaciones en las que el profesionista enfrentara dicho problema, es decir, prepararlo para la obtención de la información necesaria para conceptualizar el problema y posteriormente la comunicación de la solución a la que llegue. BIM debe formar parte fundamental de este proceso de comunicación, ya que actualmente es la herramienta más adecuada para hacerlo, como lo fue durante mucho tiempo el papel y el lápiz.

Por todo lo anterior es que se presenta en este documento la experiencia lograda al impartir un curso de BIM a nivel Maestría en Ingeniería, en la Facultad de Ingeniería (FIUADY) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), México, cuyo objetivo principal consistió en aprender a crear y utilizar modelos BIM

para la planeación, seguimiento y control de proyectos de construcción.

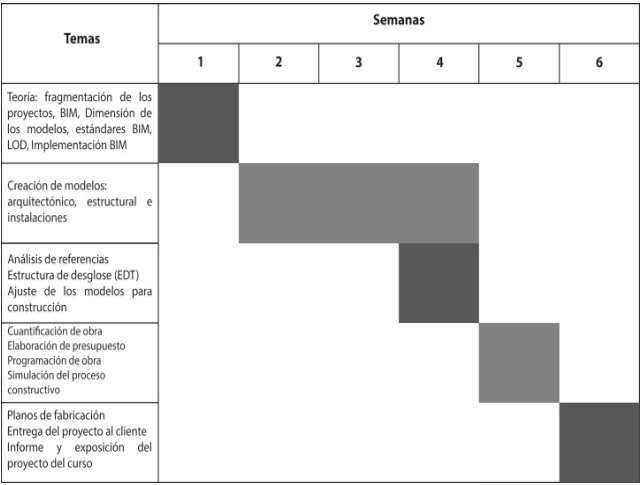
## MÉTODOS Y MATERIALES

Una vez definido el objetivo del curso, lo siguiente fue planificar la estrategia de enseñanza, a fin de poder cubrir todos los siguientes temas comprendidos en la carta descriptiva del curso: Introducción al BIM, criterios para elaborar modelos BIM, creación de modelos BIM, uso de información de los modelos BIM, planeación del costo y tiempo, y ejecución y control.

Dentro de las estrategias de enseñanza-aprendizaje se realizaron presentaciones teóricas, así como tutoriales, retroalimentaciones diarias con trabajos extra clase, y la elaboración de un proyecto final; también se utilizaron dos sistemas de gestión de la clase: Sel Moodle y Autodesk A360, el primero es el que habitualmente se utiliza en la FIUADY para comunicación alumnos-profesor, y el segundo sistema, es una plataforma basada en la nube, donde se proporcionan un conjunto completo de funciones que se centran en el proyecto, conectando a todos los participantes en un único espacio de trabajo. Los programas de cómputo utilizados fueron: Autodesk Revit 2016 (licencia académica), Autodesk Navisworks 2016 (licencia académica), Autodesk DesignReview 2013 (licencia libre, usualmente se instala con Revit), Autodesk DWG Trueview 2016 (Licencia libre, usualmente se instala con Revit), Project planner y Software de costos (opcional).

Antes de iniciar las clases, se aplicó una encuesta diagnóstico a los alumnos que ya se habían inscrito al curso de BIM, donde se recabó la información siguiente de cada uno de ellos: Profesión, experiencia en construcción, habilidad para leer planos de construcción, conocimiento de BIM, dominio de herramientas relacionadas con BIM, capacidad de los equipos de cómputo propios, y si deseaban aprender en una clase grupal o por cuenta propia con uso de tutoriales.

Toda esa información se concentró, analizó y utilizó, como parte del desarrollo de la estrategia de enseñanza; así como, para identificar las fortalezas y debilidades



**Figura 8.1** Tiempo de ejecución de las actividades del curso BIM

de los alumnos, para formar tres equipos de trabajo lo más balanceados posible. El curso se impartió en 6 semanas, donde se asignaron tiempos de ejecución para la impartición de cada temática, lo cual se observa en la (Figura 8.1). Como parte de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, se determinó que los alumnos, aplicaran los conocimientos adquiridos en el desarrollo de un proyecto final. El proyecto consistió en utilizar la metodología BIM para la realización de modelos que permitirán cumplir de manera más precisa, ágil y funcional la presentación de la propuesta económica compuesta de los siguientes entregables:

- Programa general de ejecución de los trabajos conforme al catálogo de conceptos con sus erogaciones, calendarizado cuantificado de acuerdo partidas del total de los conceptos de trabajo, utilizando preferentemente diagramas de barras.
- Catálogo de conceptos, conteniendo descripción, unidades de medición, cantidades de trabajo, precios unitarios, importes por partida, concepto y del total de la proposición, este documento formará el presupuesto de la obra.

Se seleccionó el proyecto de edificación: “Facultad de Economía de la UADY”, recientemente construida



**Figura 8.2** Facultad de Economía de la UADY. - Fuente: Google Earth

en el Campus de ciencias sociales, económico-administrativas y humanidades, ubicado en la salida carretera Mérida-Motul, Yucatán, México, el cual se muestra en la (Figura 8.2).

Dicho proyecto, consta de tres edificios: aulas, oficinas administrativas y servicios, los cuales suman aproximadamente 3,500 m2 de construcción. A los alumnos se les entregó un paquete de información del proyecto seleccionado, el cual contenía:

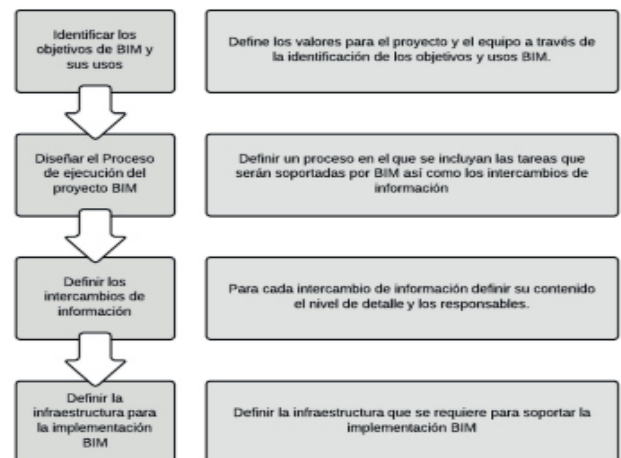
- Perspectivas.
- Plantas arquitectónicas.
- Planos estructurales.
- Planos de albañilería.
- Despieces y detalles de tablaroca.
- Planos de acabados.
- Planos de instalaciones (aire acondicionado, hidrosanitario, eléctrico, voz y datos).
- Planos de cancelería.
- Catálogo de conceptos preliminar.
- Planos de topografía.

El proyecto se dividió de la siguiente forma (ver Figura 8.3), se asignó una sección a cada uno de los tres equipos formados, tomando en cuenta las fortalezas y debilidades previamente identificadas, lo

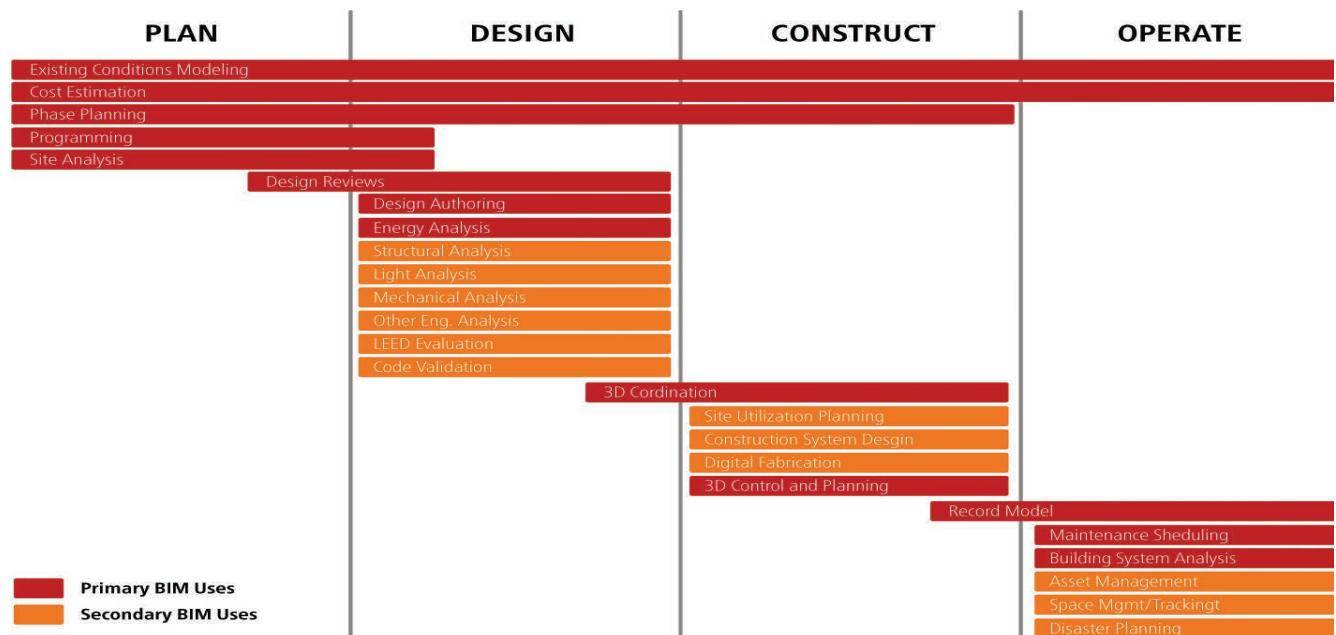




**Figura 8.3** Facultad de Economía de la UADY



**Figura 8.4** Procedimiento de la planeación de la ejecución del proyecto



**Figura 8.5** Usos BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos

anterior, debido a que cada una de las secciones del proyecto tenía retos distintos en cuanto a cantidad de m<sup>2</sup> de construcción o de áreas exteriores, diseños complejos, cantidad de instalaciones, entre otros. La implementación de la tecnología BIM para el desarrollo del proyecto, se basó en el documento "BIM Project Execution Planning Guide" (2011), la

cual consta de cuatro procedimientos básicos, los cuales se muestran en la figura 4. Debido al alcance de esta investigación solo se utilizaron los 3 primeros. A continuación se explicará de forma general, la Implementación por parte de los alumnos, de los tres primeros procedimientos (descritos en la Figura 8.4) para el desarrollo del proyecto de clase.

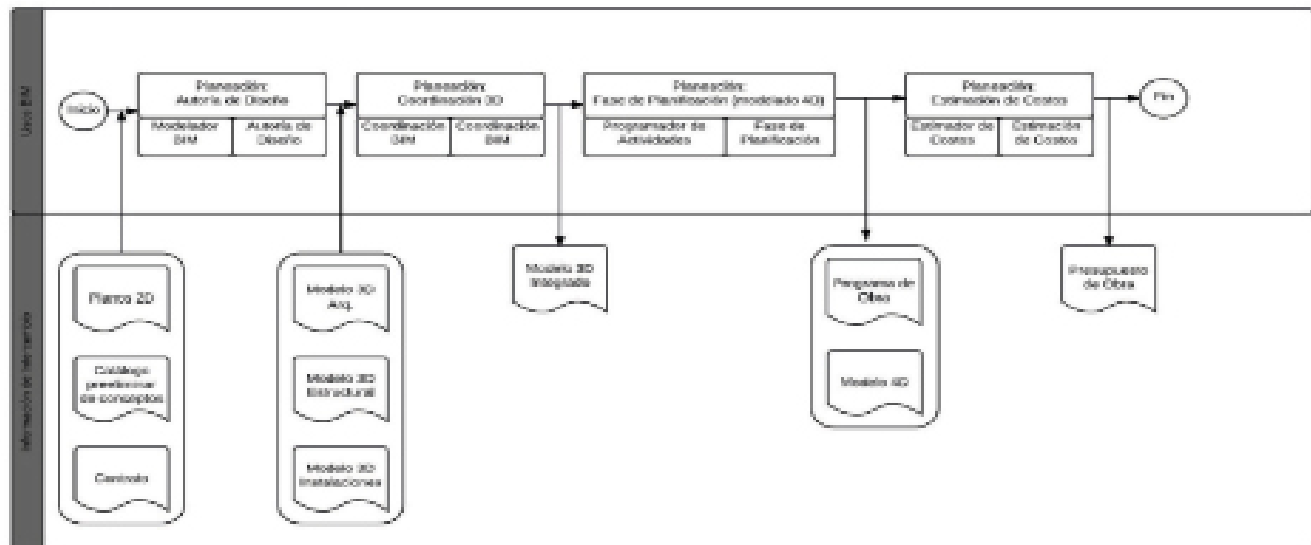


Figura 8.6 Mapa general

## 1. IDENTIFICAR LOS OBJETIVOS DE BIM Y SUS USOS.

Uno de los pasos más importantes del proceso es precisar claramente el valor potencial de BIM para un proyecto en sí, así como para cada uno de los participantes del proyecto, esto se logra mediante la definición de los objetivos generales de la implementación BIM. Cada uno de los equipos estableció los objetivos pertinentes para el desarrollo del proyecto. Con base en los objetivos y requerimientos de la propuesta económica los equipos identificaron cuatro usos BIM, de un total de 25 usos propuestos en el documento "BIM Project Execution Planning Guide" (2011), los cuales se muestran en la (Figura 8.5).

Los 4 usos BIM seleccionados se describen a continuación

- Autoría de diseño. Permite coordinar los grupos de trabajo al delegar responsabilidades y establecer niveles de detalle para cumplir con los requerimientos de cada modelo 3D.
- Coordinación 3D. Facilita la identificación de conflictos entre los sistemas que componen el

proyecto para tomar acciones correctivas previas para su ejecución y también evita el re trabajo en cuestión de obtención de datos necesarios para los demás usos mediante el modelado 3D el cual permite una mejor comprensión del proyecto entre las partes involucradas.

- Planeación 4D. Permite la comprensión de tiempo requerido para la construcción del proyecto y permite visualizar la viabilidad en cuanto a tiempos de entrega.
- Estimación de costos. Permite la cuantificación de volúmenes precisos, identificación de cambios de cantidades de volumen por variaciones del proyecto y una obtención más rápida y exacta de estimaciones de costos (BIM Project Execution Planning Guide 2011).

## 2. DISEÑAR EL PROCESO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO BIM

En este paso se realizó un mapa general de los procesos de ejecución del proyecto BIM, en el cual se muestra la relación de los usos BIM que se definieron anteriormente,





**Figura 8.9** Modelo arquitectónico del proyecto de clase

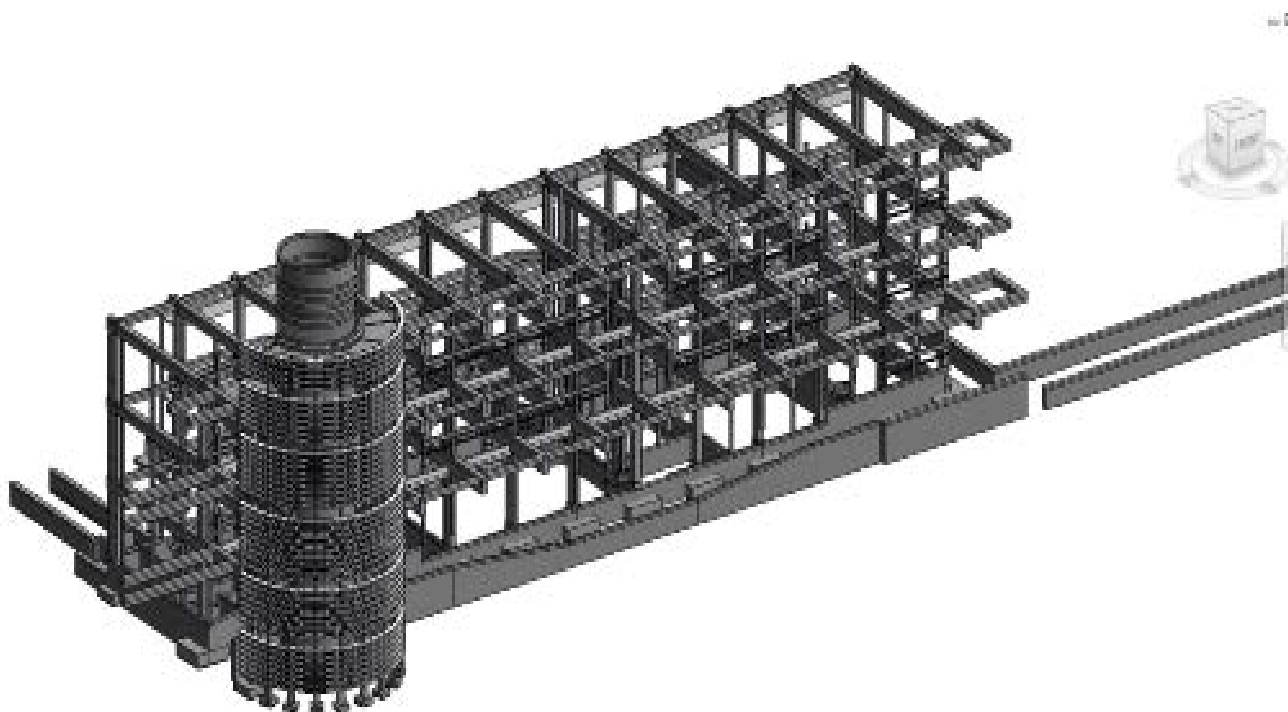
Execution Planning Guide (2011) (Ver figura 8.7), en la cual se definieron los componentes de todo el proyecto, los responsables para el desarrollo de cada uso BIM Y el nivel de desarrollo necesario en los componentes.

El nivel de desarrollo se establece en el documento Level of Development Specification (LOD) (2013), el cual es una referencia que permite a los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos.

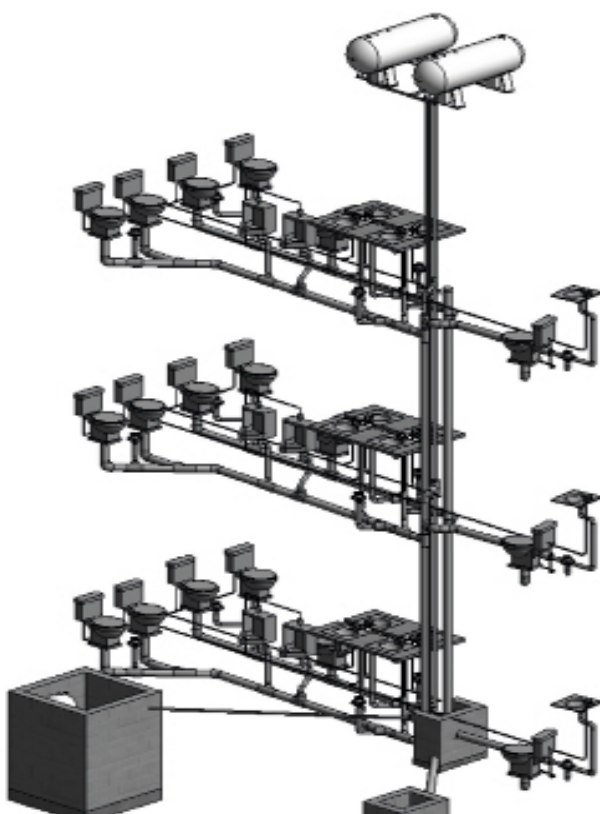
En la Figura 8.8 se presenta un esquema que muestra la correlación y los intercambios de información que existen entre cada uso BIM, el cual ayudó a definir el nivel de desarrollo para cada uno de los usos, por medio de la hoja de intercambio de información.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos después de haber definido la metodología a implementar, se describen en este apartado. Cada equipo desarrolló distintos modelos correspondientes a su sección del proyecto, tales como: arquitectónicos, estructurales, instalaciones, exteriores, etc. El programa de cómputo utilizado para la generación de modelos fue Autodesk Revit 2016, en las (Figuras 8.9, 8.10 y 8.11) se muestran ejemplos de algunos modelos BIM realizados por los alumnos. Una vez terminados los modelos, se procedió a realizar los análisis de interferencias entre los diferentes modelos con ayuda del programa Navisworks de Autodesk, el cual sirve para detectar fácilmente los conflictos que se pueda presentar entre los modelos, esto es una ventaja debido a que se pueden solucionar anticipadamente problemas que generalmente surgen durante la construcción de los proyectos, lo cual evita sobrecostos y retrasos en el programa. En la figura 8.12 se muestra una



**Figura 8.10** Modelo estructural del proyecto de clase



**Figura 8.11** Modelo de instalaciones del proyecto de clase

Autodesk Navisworks Manage 2016 (STUDENT VERSION)

Home Viewpoint Review Animation View Output 3D/2D Render

Append Refresh Reset File Select Save Select Select Selection Find Items Hide Properties Hide Unhide All Links Quick

Project Select To Search Visibility Dis

Clash Detective

Test 1 Last Run: miércoles, 1 de julio de 2015 03:25:07 p. Clashes - Total: 127 (Open: 127) Closed:

Name	Status	Clashes	View	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Clid	127	127	0	0	0	0
Arquitectónico vs Arquitectónico	Clid	5803	87	3330	0	0	2516
Arquitectónico vs Estructural	Clid	6760	296	5962	0	0	466
Arquitectónico vs MEP	Clid	833	833	0	0	0	0

Add Test Reset All Compare All Delete All Update All

Rules Select Results Report

Selection A: Standard Selection B: Standard

Resource Catalog

**Figura 8.12** Análisis de interferencias

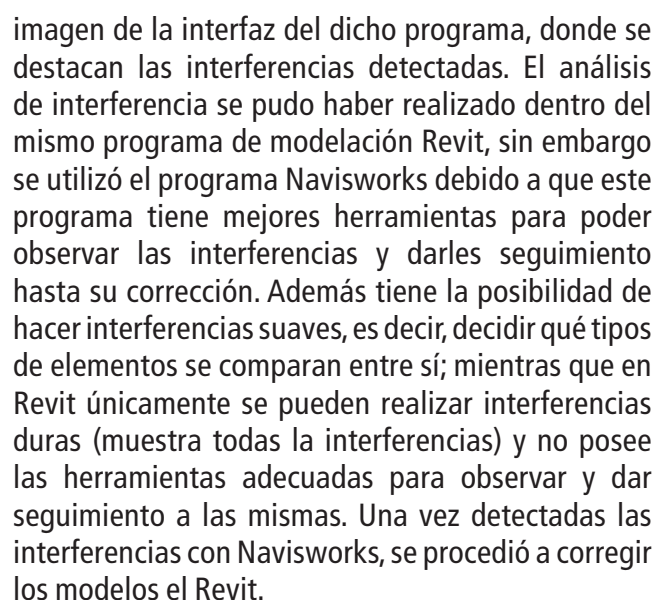


**Figura 8.13** Render Diurno



**Figura 8.14** Render nocturno





Con los modelos también se pudo fácilmente elaborar renders desde el mismo software Revit, esto es de



gran De igual manera se elaboró un estudio solar con la ayuda del modelo 3D del proyecto en el mismo software Revit. Este estudio solar sirve para ver el comportamiento del edificio durante determinadas horas y hechas del año y así poder determinar donde se requiere iluminación durante el día o donde existe iluminación natural. También puede servir para realizar análisis energéticos para medir la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado y calefacción (Ver figura 8.15). Ayuda debido a que antes, primero se debía elaborarse un modelo 3D en AutoCad o cualquier otro software especializado y posteriormente usar software para edición de renders lo cual era muy tardado. En las Figuras 8.13 y 8.14 se muestran ejemplos de los renders elaborados por los alumnos.

También con la ayuda del modelo 3D se pudieron elaborar planos de cualquier parte, sección o sistema del modelo de manera rápida, precisa y congruente con todos los otros sistemas. Un plano muy importante y del cual no se tenían muchos detalles en los documentos que se proporcionaron fue el de la escalera, por lo que los alumnos los elaboraron un plano de esa sección con la ayuda del Revit, el cual se puede ver en la Figura 8.16. Se elaboró un presupuesto como parte de los entregables para presentar una propuesta económica del proyecto de clase. Las cantidades de obra se obtuvieron utilizando el programa Naviswork, para lo cual se exportaron a este programa los modelos BIM realizados en Revit. Los costos de las actividades del presupuesto se obtuvieron de una base de datos de obras similares que se han realizado. Con los volúmenes obtenidos y el análisis de los precios, se procedió a integrar el presupuesto del proyecto Facultad de Economía de la UADY. Para la realización del programa de obra se utilizó el programa Microsoft Project 2013, ya que es un programa de fácil manejo, y además es compatible con Navisworks, que se usó posteriormente para la realización de la simulación de la construcción.

El programa de obra se realizó de acuerdo a los procedimientos constructivos, y dependiendo de la complejidad e interacción de las diferentes

actividades, se definió de forma lógica y ordenada los predecesores de cada actividad, para lograr un programa de ejecución de obra coherente y acorde con el proyecto.

La simulación de la construcción es un proceso por el cual se representa el programa de obra de manera tal que parezca real. La ventaja de utilizar esta herramienta es que permite generar secuencias en los procesos de la construcción animadas en 3D con el programa de obra (4D). Lo que aporta a los diferentes miembros del proyecto una manera fácil de visualizar, revisar y analizar el modelo integrado del proyecto y su programa, permitiendo anticipadamente identificar posibles fallas, incoherencias y dificultades en los procesos constructivos y encontrar por lo tanto soluciones rápida y eficazmente.

Para realizar la simulación en Naviswork fue necesario integrar tanto el programa de obra y los modelos BIM, a fin de poder revisar la secuencia constructiva visualmente, para identificar errores en las precedencias y los procesos definidos. Posteriormente se corrigieron los errores en el programa de obra hecho en Project y se sincronizó de nuevo con el Navisworks para verificar los cambios y las soluciones realizadas a dicho programa.



## CONCLUSIONES

- Se fomentó el trabajo en equipo y se trabajó de manera colaborativa, no solo por la exigencia de los trabajos propuestos, sino también por la manera como se trabaja en la metodología BIM en la que interactúan varias disciplinas para realizar un modelo integrado del proyecto.
- En cuanto al método de enseñanza, la utilización de los tutoriales fueron de gran ayuda para el aprendizaje, ya que al contar con el paso a paso de la utilización de los programas y sus herramientas se puede practicar y recurrir a los tutoriales cuando algo se haya olvidado, lo que fortalece y mejora la forma de enseñar.
- La carga de trabajo fue bastante fuerte, se trabajó más de las horas planeadas ya que el proyecto así lo exigía.
- El proyecto realizado presentó grandes desafíos ya que se tenía la información en planos 2D, mostró las deficiencias no se encontró gran cantidad de información y además el entender y relacionar la cantidad de planos existentes para las diferentes disciplinas fue uno de los procesos más complicados para la modelación.
- A pesar del corto tiempo con el que se contaba para aprender la metodología BIM, se logró el aprendizaje de la acerca de la implementación de BIM y de la utilización de los principales programas. Además se logró entender los beneficios de esta nueva tecnología para la industria de la construcción, fomentando en los estudiantes su utilización.

## BIBLIOGRAFÍA

- Kim, J. (2012). "Use of BIM for Effective Visualization Teaching Approach in Construction Education." *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 138(3), 214–223.
- Lu, W., Peng, Y., Shen, Q., and Li, H. (2013). "Generic Model for Measuring Benefits of BIM as a Learning Tool in Construction Tasks." *J. Constr. Eng. Manage.*, 139(2), 195–203.
- Pikas, E., Sacks, R., and Hazzan, O. (2013). "Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. II: Procedures and Implementation Case Study." *J. Constr. Eng. Manage.*, 139(11), 05013002.
- Sacks, R., and Barak, R. (2010). "Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education." *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 136(1), 30–38.
- LOD, (2013). "Level of Development Specification for Building Information Models". EEUU, by BIMForum.
- Project Execution Planning Guide, (2011). Disponible en: <http://bim.psu.edu/Project/resources/>. Recuperado 26 de enero de 2014.
- Autodesk A360, (2015). Disponible en: <https://a360.autodesk.com/features/index.html>. Recuperado el 20 de junio de 2015.